



Hybridation de la Dual-Grid FDTD avec l'optique Physique itérative pour l'analyse d'antennes sur porteur

Benoît Le Lepvrier, Renaud Loison, Raphaël Gillard, Laurent Patier, Patrick
Potier, Philippe Pouliguen

► To cite this version:

Benoît Le Lepvrier, Renaud Loison, Raphaël Gillard, Laurent Patier, Patrick Potier, et al.. Hybridation de la Dual-Grid FDTD avec l'optique Physique itérative pour l'analyse d'antennes sur porteur. Assemblée générale du GDR ondes, Oct 2013, Dijon, France. hal-00920800

HAL Id: hal-00920800

<https://hal.science/hal-00920800>

Submitted on 20 Dec 2013

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Hybridation de la Dual-Grid FDTD avec l'optique Physique itérative pour l'analyse d'antennes sur porteur

B. Le Lepvrier¹, R. Loison¹, R. Gillard¹, L. Patier², P. Potier³, P. Pouliguen³

¹ : Université Européenne de Bretagne, INSA, IETR, Rennes,

² : Centre National d'Études Spatiales, 18 Avenue Édouard Belin, 31400 Toulouse

³ : Direction Générale de l'Armement (DGA), 35170 Bruz

Benoit.le-lepvrier@insa-rennes.fr

Résumé

Cet article propose une nouvelle méthode hybride destinée à l'analyse du rayonnement, sur une large bande de fréquences, d'antennes présentant un environnement proche complexe et positionnées sur des structures électriquement grandes. On présente ainsi l'hybridation entre une méthode temporelle multi-échelle rigoureuse, la DG-FDTD (Dual Grid-FDTD), et une méthode asymptotique fréquentielle, l'optique physique itérative.

1. Introduction

Le placement des antennes sur les plate-formes (satellites, avions, véhicules) est de plus en plus contraint. Par conséquent, celles-ci se retrouvent fréquemment positionnées à proximité d'éléments complexes. La modélisation de ce type de scénario pose plusieurs difficultés. Tout d'abord, la méthode doit permettre de simuler très précisément l'élément rayonnant. De plus, un domaine potentiellement grand incluant les éléments complexes situés au voisinage de l'antenne doit également être simulé rigoureusement. Cette précaution, bien que gourmande en ressources informatiques, est nécessaire pour prendre en compte correctement les interactions entre l'antenne et son voisinage complexe. La simulation de ce type de problème intègre également la modélisation d'une structure métallique électriquement grande (plate-forme). Enfin, la plage de fréquences sur laquelle doivent être réalisées les simulations ne cesse de croître.

Des approches basées sur des méthodes rigoureuses ont été proposées pour analyser des problèmes d'antennes sur plate-forme. Ainsi [1], [2] proposent des méthodes basées sur la décomposition de domaine. Ces approches rigoureuses regroupent également des méthodes multi-échelles parmi lesquelles la MLFMM [3] dans le domaine fréquentiel, ou la Dual-Grid FDTD (DG-FDTD) [4] dans le domaine temporel. Ces approches permettent de simuler rigoureusement et efficacement l'antenne et son voisinage constitué d'éléments complexes. En revanche, elles restent très gourmandes en ressources informatiques lorsque des structures de dimensions électriques très importantes (plate-formes) doivent être considérées. L'approche la plus efficace pour simuler de très grandes structures consiste certainement à utiliser des méthodes asymptotiques. Cependant, ces méthodes ne permettent pas une analyse rigoureuse de l'antenne et de son voisinage complexe. De nombreuses méthodes hybrides couplant une méthode rigoureuse avec une méthode asymptotique ont été développées. Toutefois, elles ne peuvent être employées ici car l'antenne et son environnement proche sont trop complexes pour être analysés avec une méthode asymptotique et trop grands pour être simulés directement avec une méthode rigoureuse.

Par conséquent, nous proposons une nouvelle méthode hybride combinant une méthode temporelle, multi-échelle et rigoureuse, la DG-FDTD avec une méthode asymptotique fréquentielle, l'Optique Physique Itérative (IPO). La DG-FDTD permet de réaliser efficacement et rigoureusement des simulations large bande d'antennes avec un voisinage complexe. Son domaine d'application est étendu à la simulation d'antennes positionnées sur des plate-formes électriquement grandes grâce au couplage avec l'IPO.

2. Principe de la méthode DG-FDTD/IPO

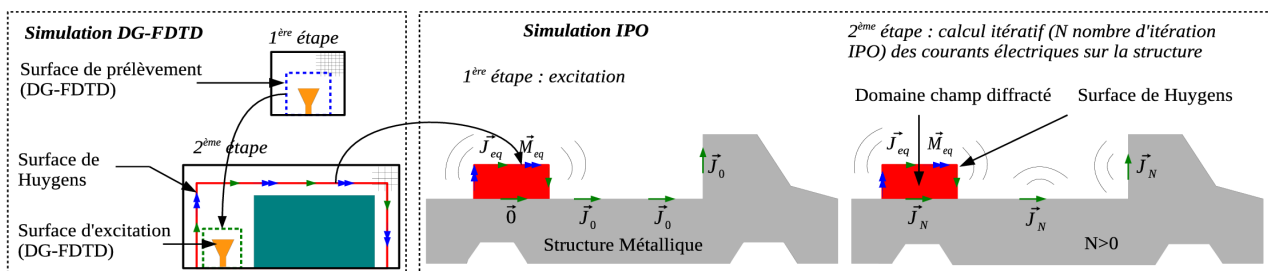


Figure 1: Principe de la méthode DG-FDTD/IPO

L'approche DG-FDTD/IPO consiste en une décomposition du problème initial en deux simulations successives (Figure 1). Tout d'abord, la méthode DG-FDTD est utilisée pour analyser rigoureusement et efficacement l'antenne et son voisinage complexe puis la méthode IPO est employée dans le but d'analyser la plate-forme accueillant l'antenne. La simulation DG-FDTD est elle-même réalisée en deux étapes. La première vise à caractériser très précisément l'antenne

isolée. Au cours de cette première étape le rayonnement primaire de l'antenne est enregistré. Il sert ensuite d'excitation pour la deuxième étape qui consiste en une simulation FDTD plus grossière de l'antenne en présence de son environnement proche complexe. Les deux méthodes sont couplées via une surface équivalente. Plus précisément, lors de la deuxième étape DG-FDTD, les champs tangentiels sur une surface englobant l'antenne et son voisinage complexe sont enregistrés. Par la suite ces champs sont transposés dans le domaine fréquentiel via une FFT. Enfin, les formules d'équivalence sont utilisées pour calculer les courants équivalents qui servent de sources d'excitation pour la simulation IPO.

3. Résultats de validation

L'approche DG-FDTD/PO est validée en calculant le diagramme de rayonnement à 1GHz d'un monopôle placé sur une structure métallique dihédrigue et positionné à proximité d'un cube diélectrique (cf. Fig. 3). On compare, dans le plan (xOz), les diagrammes de directivité normalisée de la composante E_θ du champ électrique obtenus avec les trois méthodes (cf. Fig. 3 (a)). Les résultats obtenus avec la DG-FDTD/IPO sont en très bon accord avec ceux provenant des méthodes rigoureuses. La figure 3 (b) montre que la simulation hybride DG-FDTD/PO permet de réduire considérablement le temps de calcul par rapport à une simulation FDTD complète de la structure (cf. Fig. 3 (b)). La FDTD est ici pénalisée par son maillage volumique qui nécessite la discrétisation d'un volume important de vide. De plus, le code DG-FDTD/IPO se révèle être plus rapide que le logiciel FEKO lors de la simulation de 11 points de fréquence pris sur la bande [0.8 ;1] GHz. La méthode hybride tire ainsi parti du caractère large bande lié à la DG-FDTD et de la rapidité du calcul IPO.

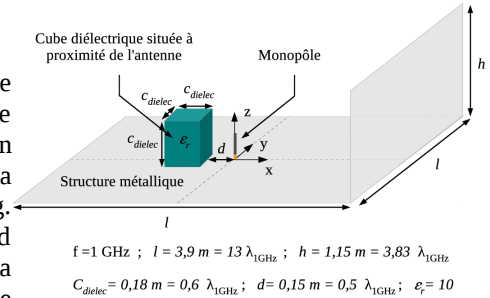


Figure 2: scénario de validation

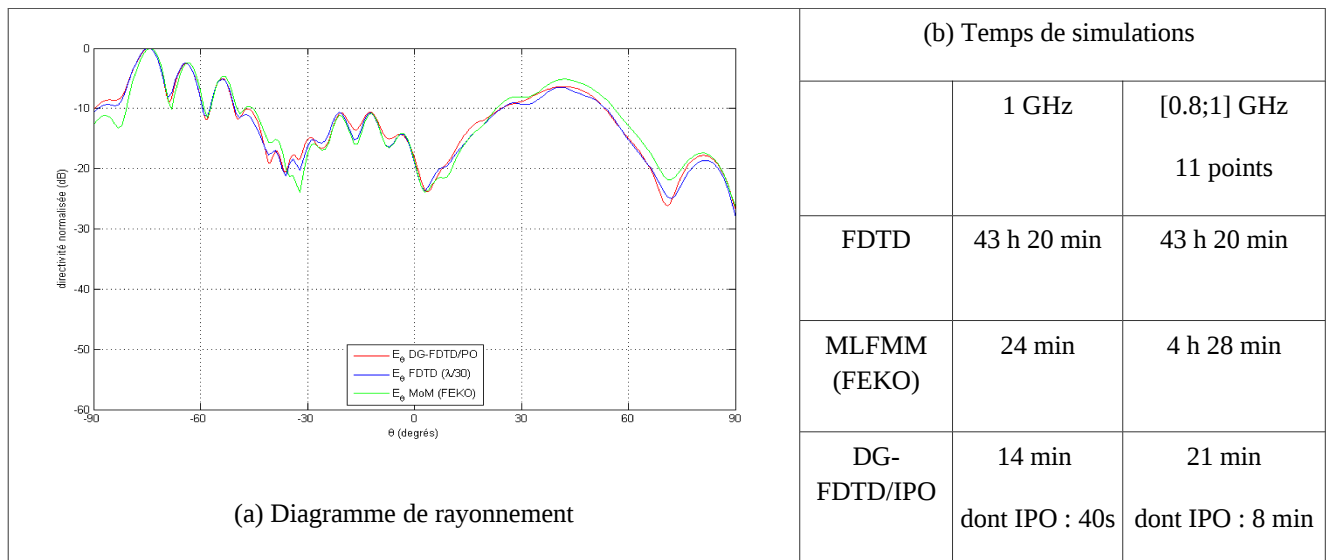


Figure 3: Diagramme de rayonnement dans le plan (xOz) à 1GHz du monopôle positionné sur la structure canonique de validation et temps de simulation associé pour la méthode hybride ainsi que les méthodes références (FDTD et MLFMM).

4. Conclusion

Une hybridation de la méthode DG-FDTD avec l'IPO a été proposée. Cette nouvelle méthode hybride permet de simuler rapidement et de manière fiable des antennes large bande possédant un environnement proche complexe et positionnées sur des structures métalliques électriquement grandes. La méthode a été validée par comparaison avec deux méthodes rigoureuses (FDTD et MLFMM) sur un scénario canonique.

5. Remerciements

Ce travail a été soutenu par le Centre National d'Études Spatiales ainsi que la Direction Générale de l'Armement.

6. Bibliographie

- [1] A. Barka and P. Caudrillier, "Domain decomposition method based on generalized scattering matrix for installed performance of antennas on aircraft," IEEE Trans. Antennas Propag., vol. 55, no. 6, pp. 1833–1842, Jun. 2007.
- [2] J. M. Johnson and Y. Rahmat-Samir, "MR/FDTD: A multiple-region finite-difference-time-domain method," Microw. Opt. Technol. Lett., vol. 14, no. 2, pp. 101–105, Feb. 1997.
- [3] X.-W. Zhao, X.-J. Dang, Y. Zhang, and C.-H. Liang, "The multilevel fast multipole algorithm for EMC analysis of multiple antennas on electrically large platforms," Prog. Electromagn. Res., vol. 69, pp. 161–176, 2007.
- [4] R. Pascaud, R. Gillard, R. Loison, J. Wiart, and M. F. Wong, "Dual-grid finite-difference time-domain scheme for the fast simulation of surrounded antennas," IET Microw. Antennas Propag., vol. 1, no. 3, p. 700, 2007.
- [5] F. Obelleiro, J. M. Taboada, J. L. Rodríguez, J. O. Rubinos, and A. M. Arias, "Hybrid moment-method physical-optics formulation for modeling the electromagnetic behavior of on-board antennas," Microw. Opt. Technol. Lett., vol. 27, pp. 88–93, 2000.